

SCP で改良された砂質土地盤の 26 年後の飽和度

締固め砂杭、液状化、飽和度

(独)土木研究所 正会員 岡村 未対、石原 雅規、田村 敬一

はじめに

サンドコンパクションパイル (SCP) 工法で改良した地盤の飽和度を調査した報告¹⁾²⁾によると、SCP 施工直後の改良地盤の飽和度はおよそ 70%~90%とかなりの程度低下している。地盤の飽和度は液状化抵抗に大きな影響を及ぼすことが知られており、液状化対策としての SCP 工法を考えた場合には、地盤改良の効果は地盤の締固めだけでなく地盤の飽和度も考慮して液状化強度を評価することが合理的であるものと考えられる。しかしながら、地下水位以下の土中に存在する気泡は徐々に地下水に溶解してゆき、長期的には飽和度は上昇することが考えられる。したがって、実務設計において地盤の飽和度を考慮した液状化強度を用いるためには、不飽和地盤中の気泡が長期にわたって存在し続けるのかどうかを知ることが必要である。

SCP 改良地盤の飽和度に関しては、改良直後の二、三の調査結果がこれまでに報告されているだけであり、長期的な飽和度の変化については知られていないのが現状である。そこで、昭和 51 年度に SCP 工法によって改良された地盤において原位置試験を行うとともに凍結サンプリング試料を採取し、試料の飽和度を測定したので、本報ではその結果を報告する。

原位置試験及びサンプリング位置

原位置試験および凍結サンプリングは信濃川河口から約 8.5km の、信濃川水門脇の締切り堤にて行った。図 1 は現場の平面図である。昭和 51 年度に、およそ 71m×101m の範囲が SCP によって改良された。SCP 打設時の地表面標高は T.P.+2.0m であり、地表面から GL.-12m までの範囲に、1.7m 間隔の正方形配置 (改良率 13%) で締固め砂杭が打設された。

この位置において、平成 14 年 9 月に原位置試験、同年 11 月に凍結サンプリングを行った。図 1 中に示した 2 地点、すなわち SCP 改良地盤内の No.1 地点および改良地盤から 50m 離れた未改良地盤の No.2 地点において標準貫入試験と PS 検層 (ダウンホール法) を行い、さらに No.1 地点において凍結サンプリングを行った。

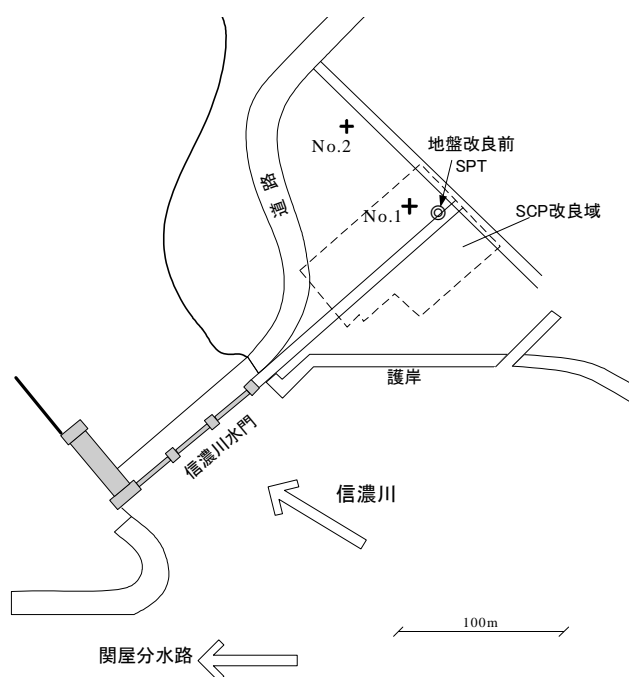


図 1 原位置試験およびサンプリング位置

試験結果

平成 14 年 9 月に行った標準貫入試験および PS 検層の結果を図 2 に示す。図中には、地盤改良前の N 値 (図 1 の 地点にて実施) も併せて示してある。改良域内 No.1 地点の N 値は、GL.-7.2m~9.2m のシルト層を除く全層で改良前よりも大きくなっており、地盤改良の効果が確認できる。一方、未改良域の No.2 地点では、改良前と平成 14 年の N 値が概ね一致しているが、GL.-4m~-5m では平成 14 年の N 値が改良前よりもかなり大きくなっている。これは、No.2 地点では地盤調査後におよそ T.P.+1.5m 程度まで掘削し、その後現状の T.P.+5.4m まで盛土したので、この影響によるものと推察される。

No.1 地点の P 波速度は、地下水以下で GL.-12m までは $V_p=390\sim 490\text{m/sec}$ と極めて小さいものであった。土の飽和度や液状化強度比と V_p の関係が検討されているが³⁾、土の飽和度がおよそ 98%程度以下 (V_p がおよそ 500m/sec 程度以下) の範囲では、 V_p は飽和度の変化に対して極めて鈍感であり、この範囲では V_p から飽和度を求めるのは困難である。

一方、No.2 地点では、GL.-10.3m までは $V_p=620\text{m/sec}$ 、10.3m~15m では 1300m/sec であり、これらの V_p は飽和度で 99%程度と 99.5%程度以上にそれぞれ対応する³⁾。No.2 地点の -10.3m までの地盤は、飽和度はかなり高いものの、計測された $V_p (=620\text{m/sec})$ は自然堆積地盤の地下水位以下で計測される一般的な値と比較するとかなり小さいものである。また、 V_p が完全飽和に近い値となる深さ (10.3m) は、地盤改良深度とほぼ一致する。SCP の施工中には、地中に貫入さ

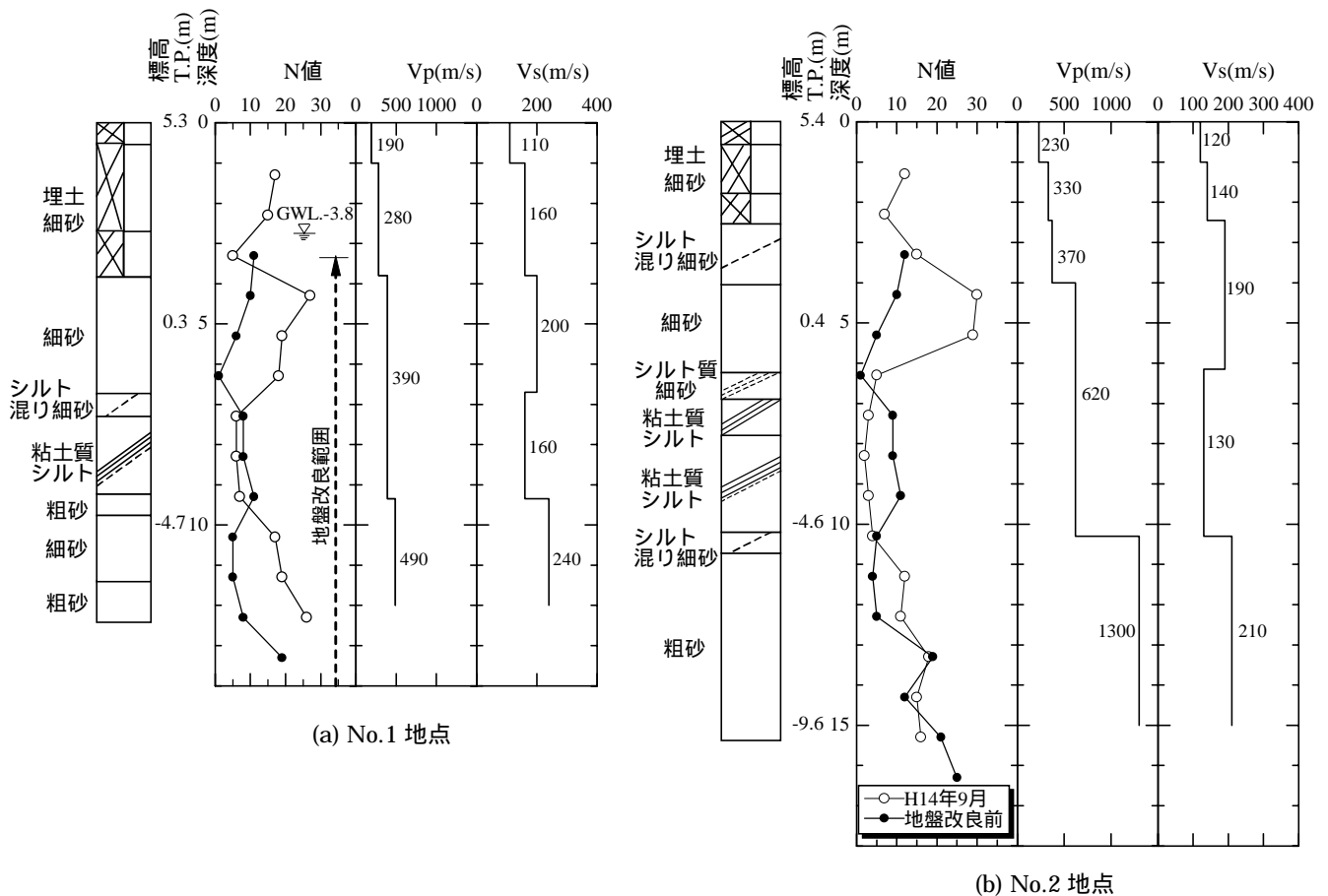


図2 標準貫入試験及びPS 検層の結果

れたケーシング先端から地中に放出される空気が、ケーシングから数10m離れた地表面から噴出することは希ではないことを考えると、No.2地点は地盤改良域から約50m離れているとはいえ、SCPの施工によりNo.2地点の地盤もある程度不飽和化したことが考えられる。

No.1地点での飽和度を調べるために、標準貫入試験実施位置から1m離れた位置にて凍結サンプリングを行い、乱れない試料を採取した。凍結サンプリングでは凍結管を中心として直径約20cmの範囲の地盤を凍結させ、深度GL.-3.8m~-7.3mの細砂層から直径65mmのコアを採取した。凍結コアは採取後直ちにラップで包み、冷凍車にて実験室に運搬した。凍結コアの3深度からブロックを切り出し、5cm(直径)×10cm(高さ)の供試体に整形し、各供試体の密度、含水比、土粒子密度を測定し、それらから飽和度を求めた。得られた飽和度(表1)は92.3%~95.8%であり、不飽和砂の液状化強度に関する既往の研究成果によると、この程度の飽和度の土の液状化強度は、完全に飽和した状態と比較しておよそ1.5~2.5倍大きい。

このSCP改良地盤の初期状態(施工直後の地盤飽和度)がわからないため、27年間での飽和度の変化量は不明であるが、本現場の調査結果はSCPの施工により地中に入った気泡は地下水に溶解しきらずに残存し続け、長期にわたり地盤の不飽和状態が継続することを示すものである。

表1 No.1地点での飽和度

| 深度 GL.(m) | 飽和度 (%) | 細粒分含有率 (%) |
|--------------|------------|---------------|
| -5.2~5.4 | 92.7 | 3 |
| -6.0~-6.2 | 92.3 | 2 |
| -6.7~-6.9 | 95.8 | 8 |

おわりに

26年前にSCP改良された地盤で標準貫入試験とPS検層を行うとともに凍結サンプリングにより試料採取し地盤の飽和度を測定した。その結果、地盤の飽和度は92.3%~95.8%であり、液状化強度は飽和地盤を仮定した通常の評価法から得られるものよりもかなりの程度大きいことがわかった。今後このような調査事例を蓄積し、飽和度を考慮した改良地盤の液状化強度の評価法を提案したい。

参考文献

- (1) 岡村・石原(2002): 静的締固め工法により改良された地盤の液状化強度分布, 第37回地盤工学研究発表会 1103-1104
- (2) 岡村ら(2003): SCPで改良された砂質土地盤の液状化強度と飽和度, 第38回地盤工学研究発表会(投稿中)
- (3) 黄ら(1999): P波速度を用いた不飽和砂の液状化抵抗の評価, 液状化メカニズム・予測法と設計法に関するシンポジウム, 431-434